

論文審査の結果の要旨

氏名 山口飛鳥

本論文は 5 章からなる。第 1 章は、イントロダクションであり、沈み込み帯で発生する地震の特性についてまとめ、断層活動における流体の挙動と役割について、これまでの研究を詳細にレビューしている。また、地震断層の地質学および地球化学的研究の重要性について述べている。実際の研究対象は九州地方の四万十帯延岡衝上断層と米国アラスカ州の Kodiak 付加体の Pasagshak Point の 2 ヶ所であると記している。最後に本研究の目的が「沈み込み帯の地震発生帯で起こる岩石-流体相互作用の多様性とそれを生み出す要因を明らかにすることにある」と簡潔に記述している。全般にイントロダクションとして良くまとめられている。

第 2 章は、九州・四万十帯・延岡衝上断層における野外地質調査、採取した岩石・鉱物試料の主成分および微量元素分析、その結果を説明するための岩石-流体相互作用による熱力学的解釈が中心になっている。野外調査においては、断層の周囲に存在する鉱物脈の濃集帯を発見した。さらに、詳細な調査の結果、この濃集帯は断層剪断面を充填する鉱物脈(Fault vein)と開口クラックを充填する鉱物脈(Extension vein)に 2 分されることを示した。これは野外地質調査の重要な成果である。各鉱物脈から試料を採取し、空間分解能の高い電子線プローブマイクロアナライザー (EPMA) およびレーザーア

ブレーション-高周波誘導結合プラズマ-質量分析計(LA-ICP-MS)を用いて、主成分および微量成分元素を高精度で分析した。その結果、Fault vein はアンケライト[Ca(Fe, Mg)(CO₃)₂]から構成され、鉄濃度が鉱物脈の成長とともに減少すること、希土類元素の存在度パターンにおいてユーロピウム(Eu)の正の濃度異常が一般的に見られることを発見した。一方、Extension vein は鉄を含まない方解石[CaCO₃]と石英[SiO₂]からなり、Eu の濃度異常がないことを見つけた。これらの結果をもとに熱力学的計算を行い、Fault vein が中性～塩基性で酸素分圧が低く、二酸化炭素分圧が高い条件下で沈殿したこと、一方、Extension vein は中性で酸素分圧が比較的高い条件下で沈殿したことを明らかにした。この研究は断層面だけに局所的に還元的な環境が現れることを示唆する重要な発見であり、地震に係わる固体地球化学に大きく寄与するものである。

第3章は、米国アラスカ州 Kodiak 付加体の Pasagshak Point における野外地質調査、採取した岩石・鉱物試料の主成分および微量元素分析、その結果に基づく断層運動と岩石-流体相互作用の解釈が中心である。野外調査においては、Ghost Rocks Formation の大規模な断層帯において、厚さ 30-50m の砂岩層の直下に、厚さ 5-10cm のウルトラ・カタクレーサイト(断層岩のうち基質と岩片が固結しており、破碎岩片の割合が 10%以下のもの)、その下に厚さ 5-20m のカタクレーサイト(破碎岩片が 10~50%のもの)、さらに下に弱変形の泥岩の層序を発見した。これは野外地質調査の重要な成果である。各層から試料を採取し、主成分・微量成分元素を分析するとともに電

子顕微鏡により岩片の形状を μm スケールで観察した。その結果、鉱物の摩擦熔融が起きていないこと、微量元素濃度分布からこの断層における岩石-流体相互作用の温度を $300\sim 350^{\circ}\text{C}$ と推定した。さらにこの温度は母岩の被った温度より 100°C 高く、断層面での摩擦発熱と仮定して剪断応力を推定した。この研究は微量元素から断層運動の温度に制約を与えるだけでなく、剪断応力にまで議論を進める意欲的で斬新なアイデアを含んでおり高く評価できる。

第4章は、第2章で扱った九州・四万十帯・延岡衝上断層と第3章で扱った米国アラスカ州 Kodiak 付加体の Pasagshak Point における地震時の岩石-流体相互作用とその結果として生成する岩石・鉱物の地球化学的変化の内容を解りやすく比較検討している。

第5章は全体のまとめと沈み込み帯における地震発生の理解、そして将来への展望が検討されている。

なお、本論文の第2章と第3章は木村学氏らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって調査、分析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、論文提出者は、地球惑星科学特に固体地球科学について博士（理学）の学位を受けるにふさわしいと審査委員全員が一致して認める。